

R007-01

Zoom meeting B : 11/2 PM2 (15:45-18:15)

15:45~16:00

## 次世代太陽風観測のためのデジタルフェーズドアレイ装置の開発2：多段接続による大規模アレイの実現

#岩井 一正<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>名大 ISEE

### Development of digital phased array instrument for next generation solar wind observation system 2: multistage FPGA connection

#Kazumasa Iwai<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>ISEE, Nagoya Univ.

Interplanetary scintillation (IPS) is a radio scattering phenomenon caused by the disturbances in the solar wind. It has been an important technique to investigate the global structure of the heliosphere. The IPS observation requires a large aperture area for the radio telescope to detect the IPS signature from many radio sources, which means the increasing number of the input signal. The next generation IPS observation system will require about 1000 of analog input signals. We have already developed a proto type of the digital phased array instrument. This instrument has 8 analog-digital converters (ADCs) and a field-programmable gate array (FPGA). This system enables us to form 8 beams simultaneously. In this study, we investigated a multistage connection of FPGAs based on the proto type system to develop a larger array system.

A large array antenna requires a separated ADC and FPGA modules, because the ADC modules should be located close to the front-end receivers, while FPGA modules should be in a stable environment. The newly designed system has an independent ADC module and FPGA module that are connected to the optical fibers. Eight of the input signals are digitized in the ADC module and transferred to the FPGA module. Then digital signals are converted to 16384-point complex spectra by the fast Fourier transform on the FPGA, and the beamforming can be performed by adding the eight complex spectra using arbitrary different delay filters. After the beamforming, the complex spectra are transferred to the next FPGA connected by the optical fiber. The next FPGA has eight input port and the same beamforming stage as the first one. Therefore, the FPGA in the second step can combine 64 analog signals. A multistage connection of the FPGAs enables us to form a larger array. FPGAs in all stages have a calibration sequence that makes a calibration table that compensates an amplitude and phase differences of the 8 signals. By Applying this table, we can quickly calibrate the amplitude and phase differences of antennas, receivers, and optical fibers between the FPGAs. We found that an array system of 64 input signal using the 8 ADC modules and 9 FPGA modules can be constructed within a realistic cost.

太陽風中の擾乱が電波を散乱することで惑星間空間シンチレーション (IPS) が発生する。太陽風のグローバルな3次元構造を導出するにはIPS観測が有効である。IPS観測では、散乱現象を検出できる天体数を増やすことで、より詳細に太陽風の空間構造を分解できるため、大規模なアレイアンテナによる高感度な電波観測が望まれる。本研究では、次世代太陽風観測用望遠鏡に搭載することを念頭にデジタルフェーズドアレイ装置の開発を行っている。次世代装置では入力信号数が1000程度になると想定される。これまでの開発研究で、8つのアナログ入力をデジタル処理し、8つのビームを出力できる実証実験機の開発に成功した。今回は、より大規模なアレイを構成することを目的として、実証実験機をベースに、多数の信号処理部を多段に接続したシステムの設計および基礎開発を行った。

大規模なアレイアンテナでは、アンテナを設置する面積が巨大化する。そこで、アンテナフロントエンド近傍に設置すべきAD部と、安定した室内環境への設置が望まれるFPGA部を分離し、両モジュールを長距離伝送用の光ファイバーで接続する構成にした。一つのADモジュールは最大8系統のアナログ信号を入力できる。FPGAモジュールでは、光ファイバーから8系統のデジタル信号に対して最大16384点のフーリエ変換を行い8つの複素スペクトルを生成し、それぞれに任意の異なる遅延フィルタをかけ加算することでビームフォーミングを行う。ビームフォーミング後の複素スペクトルを光ファイバーケーブルで接続した2段目のFPGAモジュールに伝送する。この2段目のFPGAモジュールに8個の入力ポートを設け、1段目と同様の8系統の信号をビームフォームする演算を実装することで、このFPGAモジュールでは64系統のアナログ信号を合成できることになる。この方式を多段に繰り返すことで、更に大規模なアレイを形成できる。全てのFPGAモジュールには各入力信号の位相と振幅が等しくなるよう調整できる較正テーブルを自動的に作成する較正システムを実装した。このことで、途中の光ファイバーによる伝送系を含めた較正を可能にした。将来の大規模アレイに向けた第一段階として64チャンネルの信号を8台のADモジュールと9台のFPGAモジュールで処理する系を実際に設計し、実現可能性を評価した結果、現実的なコストで建設可能であることがわかった。